



(11) **EP 0 987 875 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
22.03.2000 Bulletin 2000/12

(51) Int Cl.7: **H04N 1/195**

(21) Numéro de dépôt: **99420189.5**

(22) Date de dépôt: **09.09.1999**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
 Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventeurs:
 • **Lan, Ke-Hua**
38100 Grenoble (FR)
 • **Lavergne, Patrice**
38770 Monteynard (FR)

(30) Priorité: **15.09.1998 FR 9811648**

(74) Mandataire: **Vuillermoz, Bruno et al**
Cabinet Laurent & Charras
B.P. 32
20, rue Louis Chirpaz
69131 Ecully Cédex (FR)

(71) Demandeur: **KIS**
38130 Echirolles (FR)

(54) **Procédé pour transférer une image numérique en vue de sa restitution visuelle ou de son acquisition et dispositifs pour la mise en oeuvre de ce procédé**

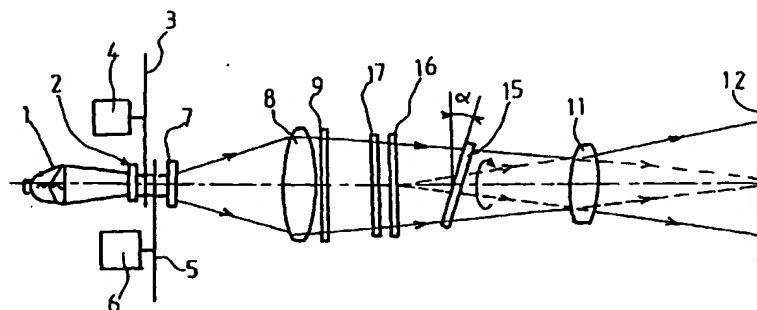
(57) Ce procédé, pour restituer visuellement une image numérique affichée sur un écran à cristaux liquides LCD ou pour acquérir une telle image au moyen d'un capteur CCD consiste :

- à former l'image affichée sur le LCD sur le support de restitution visuelle au moyen d'un objectif de projection, respectivement à former l'image d'un sujet sur le CCD ;
- à opérer au moyen d'un organe optique unique au moins un décalage latéral dans le plan de projection de chacun des pixels de l'image affichée sur le LCD, respectivement un décalage latéral dans le plan d'acquisition de l'image formée sur le CCD ;
- et à réaliser une ou plusieurs expositions au niveau

dudit support de restitution visuelle, respectivement une ou plusieurs acquisitions au niveau dudit CCD, pour chacun de ces décalages.

L'invention concerne également les dispositifs mettant en oeuvre ce procédé. Ces dispositifs intègrent une lame à faces parallèles (15) transparente au spectre visible, située sur le trajet optique de la source entre l'écran LCD (16) et l'objectif de projection (11), ou entre l'objectif d'acquisition et le CCD, ladite lame à faces parallèles étant inclinée d'un angle α par rapport au plan latéral perpendiculaire à l'axe optique, et étant susceptible d'être animée d'un mouvement de rotation discret ou continu, dont l'axe de rotation est parallèle ou non à l'axe optique, ledit axe de rotation n'étant pas confondu avec l'une quelconque des normales de ladite lame.

FIG. 5



EP 0 987 875 A1

Description

[0001] L'invention concerne un procédé perfectionné pour permettre le transfert d'une image numérique en vue de sa restitution visuelle en utilisant un écran à cristaux liquides transparent. Elle concerne également un tel procédé pour l'acquisition d'une telle image mettant en oeuvre une caméra CCD, c'est à dire une caméra intégrant un circuit à transfert de charges. Elle concerne également les dispositifs pour la mise en oeuvre d'un tel procédé.

[0002] Ces dernières années ont vu le développement d'une nouvelle technologie pour la projection et l'affichage d'informations mettant en oeuvre les signaux numériques. A cet effet se sont développés et sont de plus en plus mis en oeuvre des panneaux à cristaux liquides, également appelés écrans cristaux liquides, et plus communément dénommés sous l'expression en langue anglaise « LCD » (Liquid Cristal Display). De tels écrans LCD se sont également développés en relation avec les écrans pour micro-ordinateurs, mais également de télévision.

[0003] Dans le domaine de la photographie, est apparue récemment le concept dénommé « API » pour Advanced Photographic Imager, mettant en oeuvre le principe du stockage numérique de l'image. Ce stockage numérique de l'image impose, pour sa réalisation sur support notamment papier, sa restitution. Le papier mis en oeuvre dépend quant à lui du type d'impression: numérique ou argentique (thermique).

[0004] Dans le domaine de la photographie argentique en particulier, le support pour la restitution de l'image est constitué par du papier photosensible. A cet effet, l'image numérique est exposée sur le papier selon plusieurs méthodes connues, au moyen de différents composants pour l'affichage de l'image. On peut citer :

- l'exposition point par point, mettant en oeuvre un balayage laser; si certes cette technologie permet d'aboutir à des résultats très corrects en termes de qualité, sa mise en oeuvre demeure exigeante dans le domaine de la précision mécanique et de l'ajustement optique. En effet, le papier est exposé en mouvement. Par ailleurs, il est de qualité spécifique, conçu pour accepter des durées d'exposition très courtes (typiquement 1 µs par pixel) Cette technologie reste donc réservée à des installations coûteuses, et les coûts de développement sont élevés.
- l'exposition par rangée de points en ligne : cette technologie fait appel par exemple à la mise en oeuvre de tubes cathodiques à fibres optiques. Elle est tout particulièrement complexe à mettre en oeuvre, et souffre en outre d'une légère diffusion due aux fibres optiques. Elle exige également un dispositif de transport du papier complexe et très précis. Elle peut également être mise en oeuvre au moyen du système DMD (Digital Micro Mirrors) en

mode linéaire, mis au point par TEXAS INSTRUMENTS. Ce système met en oeuvre une pluralité de micro-miroirs de forme carrée, chacun monté sur un axe rotatif, et susceptibles donc de subir une rotation de plus ou moins 10 degrés par rapport à une position origine. Chaque pixel d'informations est contrôlé directement par un micro-miroir correspondant. Ces miroirs sont susceptibles de pivoter en position active et position inactive selon une fréquence supérieure à 1000 fois par seconde. Cette rapidité permet d'aboutir à la reproduction d'échelle des gris et à celle de couleurs. En revanche, la résolution obtenue est limitée par la mise en oeuvre d'un composant DMD et n'est pas très satisfaisante. L'exposition par rangée de points en deux dimensions: elle peut être mise en oeuvre par la technologie DMD mentionnée précédemment, mais également par la technologie des tubes cathodiques plans. Celle-ci fait appel à des tubes haut de gamme ainsi qu'à une électronique coûteuse de très haut voltage.

- enfin, ce principe d'exposition peut être mis en oeuvre au moyen d'écrans à cristaux liquides (LCD). Géométriquement stable, ce composant ne nécessite pas de hauts voltages. Par ailleurs, sa fabrication, complètement automatisée assure une très bonne régularité en termes de performances. Cependant, son utilisation dans le domaine de la photographie et plus particulièrement dans le domaine de l'exposition de papier photosensible pose deux problèmes liés à la structure intrinsèque desdits écrans :

- Le premier problème réside dans le fait que le pixel d'image sur un LCD, qui présente traditionnellement une forme carrée, comporte une surface active du pixel de forme rectangulaire qui ne représente qu'environ 60 à 70 % de la surface totale dudit pixel (voir à cet égard la représentation schématisée d'un pixel de LCD sur la figure 2, dans laquelle la zone active est référencée (13) et la zone inactive est référencée (14)). Il existe donc une zone non active (14) (masque noir) du pixel d'image, sous la forme de deux bandes, respectivement une bande relativement large sur l'un des côtés du pixel, et une bande un peu moins large sur le côté adjacent immédiatement perpendiculaire. Cette zone non-active noire projetée sur un papier photosensible par un objectif de projection génère des traits blancs horizontaux et verticaux sur la photo définitive, ce qui limite la netteté, la résolution et partant, le rendu de la photo ;
- le second problème réside dans le fait que les LCD actuels présentent une résolution limitée à 1024 x 1280 pixels environ. Cette résolution native ou inhérente à la technologie de fabrica-

tion, n'est pas suffisante pour réaliser des photos de format supérieur à 10 x 15 cm, puisqu'une telle résolution est déjà limitée à environ 210 dpi, soit environ 4 paires de lignes par mm (4p/mm), c'est à dire la limite inférieure acceptable pour une photo numérique.

[0005] On a représenté sur la figure 1 une représentation schématique de la ligne d'exposition d'une tireuse traditionnelle. Classiquement, on retrouve au sein de celle-ci les différents éléments suivants :

- une source lumineuse (1), typiquement constituée par une lampe halogène de 250 W - 24 V ;
- un filtre anti-calorique (2) ;
- une tourelle d'obturation (3), mue en rotation au moyen d'un moteur électrique (4), destinée à obturer le faisceau incident émis par la source (1), et assurant également, si nécessaire, la fonction de diaphragme ;
- un porte-filtres (5), également mu en rotation au moyen d'un moteur électrique (6), et portant trois filtres, respectivement rouge, vert et bleu, en vue de la réalisation d'épreuves couleurs par synthèse additive ;
- un diffuseur (7), destiné à élargir et à rendre plus uniforme le faisceau incident émanant de la source lumineuse (1) ;
- un condenseur (8), destiné à diriger le faisceau incident, après diffusion, au niveau d'un objectif de projection (11) ;
- un compensateur ou correcteur (9) de l'uniformité d'éclairage, typiquement constitué par un opalin ;
- un passe-vues (10), au niveau duquel le film est introduit et cadré pour permettre l'exposition des vues successives ;
- l'objectif de projection (11) déjà mentionné; celui-ci présente un facteur d'agrandissement variable selon le format de photos à réaliser; il est destiné à projeter sur le papier photosensible (12) l'image du film présent dans le passe-vues.
- et enfin, un plateau destiné à recevoir le papier photosensible (12) au niveau duquel doit être imprimée l'image présente au niveau du passe-vues.

[0006] Afin de surmonter les inconvénients mentionnés précédemment, l'invention propose un procédé dans lequel, l'image numérique à restituer sous forme visuelle est affichée sur un écran LCD transparent, et qui consiste :

- à former l'image affichée sur le LCD au moyen d'un objectif de projection sur le support de restitution visuelle, et notamment sur un papier photosensible ;
- à opérer au moyen d'un organe optique unique au moins un décalage latéral dans le plan de projection de chacun des pixels de l'image affichée sur le

LCD ;

- et, à réaliser un ou plusieurs expositions au niveau dudit support de restitution visuelle pour chacun des décalages.

[0007] En d'autres termes, l'invention consiste à effectuer une ou plusieurs expositions en générant des petits décalages latéraux (environ un demi pixel) des images affichées sur le LCD dans le plan d'exposition, et ce uniquement par moyens optiques, de telle sorte à aboutir à une élimination totale ou partielle des traits blancs horizontaux et verticaux générés par le LCD et inhérents à sa technologie de fabrication. En revanche, ce procédé induit une légère surexposition générant des traits gris. Cependant, ces traits gris sont de faible contraste ou de dimensions réduites, de sorte qu'ils ne sont pas observables à l'oeil nu pour les photos de petits formats.

[0008] Selon une première forme de réalisation de l'invention, on effectue une seule exposition de l'image affichée sur le LCD, chacun des pixels de ladite image subissant un décalage continu suivant une trajectoire circulaire dans le plan d'exposition, ledit décalage de chacun des pixels étant centré par rapport au pixel considéré.

[0009] Selon une autre forme de réalisation de l'invention, on effectue un redimensionnement de l'image numérique à restituer et l'on divise ladite image en trames affichables sur le LCD. Dans une première variante, on divise l'image en deux trames et l'on procède pour chaque trame affichée sur le LCD, à une exposition, en effectuant entre les deux expositions un décalage discret de l'ensemble des pixels de l'image affichée sur le LCD, selon les directions d'orientation OX ou OY desdits pixels, symétriquement par rapport au centre de chacun des pixels. Dans une seconde variante, on divise l'image en quatre trames et l'on procède pour chaque trame de l'image affichée à une exposition, en effectuant entre chacune des quatre expositions un décalage discret de l'ensemble des pixels de l'image affichée sur le LCD selon les directions d'orientation OX et OY desdits pixels, symétriquement par rapport aux axes OX et OY des pixels. On aura ainsi bien compris que l'on ne procède pas au décalage latéral de l'écran LCD, mais des seules images affichées sur ledit écran.

[0010] Outre l'élimination totale ou partielle des traits blancs inhérents à la technologie de fabrication du LCD, la mise en oeuvre de ce procédé permet également d'augmenter la résolution de l'image finale, de par la multiplication approximative, par 2 ou par 4 du nombre d'expositions.

[0011] Avantagusement, le décalage des pixels de l'image affichée sur le LCD, induit par un organe optique unique, s'effectue dans le plan d'exposition (OX,OY), c'est à dire dans le plan perpendiculaire à l'axe optique de projection et d'exposition, et ce, selon les deux axes, respectivement horizontal OX et vertical OY définissant ledit plan, l'axe optique étant défini ci-après par OZ.

[0012] L'invention concerne également les dispositifs pour la mise en oeuvre d'un procédé.

[0013] Elle concerne tout d'abord un dispositif pour restituer visuellement une ou des images numériques affichées sur un écran LCD. Ce dispositif comprend :

- une source lumineuse, sur le trajet optique de laquelle est positionné un écran LCD transparent au niveau duquel sont affichées des images numériques, notamment par le biais d'une unité centrale,
- un obturateur, destiné à stopper le faisceau d'exposition, et par exemple positionné entre la source lumineuse et l'écran LCD ;
- un objectif de projection, situé entre l'écran LCD et le papier à exposer ;
- un polariseur linéaire situé entre la source lumineuse et l'écran LCD.

[0014] Selon l'invention, il comprend une lame à faces parallèles, unique, d'épaisseur constante, transparente au spectre de la lumière mise en oeuvre et notamment au spectre visible, et située sur le trajet optique de la source entre l'écran LCD et l'objectif de projection. Cette lame à faces parallèles est susceptible d'être animée d'un mouvement de rotation discret ou continu, dont l'axe de rotation est parallèle ou non à l'axe optique. En outre, ladite lame est inclinée d'un angle de valeur déterminée par rapport au plan perpendiculaire à son axe de rotation. En d'autres termes, l'axe de rotation de la lame n'est jamais confondu avec l'une quelconque des normales à ladite lame.

[0015] Cette architecture permet de réaliser plus facilement et surtout de manière plus fiable les décalages latéraux de l'image affichée sur le LCD par rapport aux dispositifs connus de l'art antérieur, mettant en oeuvre soit un décalage mécanique du LCD, soit un décalage mécanique du support de restitution visuelle. En d'autres termes, on remplace un décalage mécanique, donc difficilement fiable pour des déplacements de faibles amplitudes, par un décalage optique.

[0016] Compte tenu des phénomènes optiques bien connus de la réflexion et de la réfraction lumineuse, et notamment les lois de Snell, la mise en oeuvre d'une telle lame à faces parallèles sur le trajet optique de l'image affichée sur le LCD induit un décalage, fonction d'une part, de l'angle d'incidence ou d'inclinaison α de la lame par rapport au plan de projection (OX,OY), d'autre part, de l'indice de réfraction n du matériau constitutif de la lame, et enfin de l'épaisseur e de celle-ci. Ce décalage se traduit par un décalage de l'image au niveau du papier à insoler c'est à dire de la zone de projection. Les figures 4a et 4b permettent de rechercher la valeur de ce décalage en fonction des paramètres physiques mis en oeuvre.

[0017] Dans cet exemple, le faisceau incident est orienté selon l'axe OZ, et dirigé selon OZ. En l'absence de la lame (15), la position initiale de l'image ou d'un pixel est positionné à l'ordonnée $Y = 0$. En revanche, si

l'on introduit la lame (15), avec l'inclinaison $\alpha_1 = \alpha$, on observe un décalage ($-Y_1$), inhérent aux lois optiques précitées, défini comme suit :

$$Y_1 \approx -\left(1 - \frac{1}{n}\right)e\alpha_1 = -\left(1 - \frac{1}{n}\right)e\alpha$$

[0018] L'équation ci-dessus est valable pour de faibles valeurs de α .

[0019] Si l'on introduit la lame (15), avec l'inclinaison $\alpha_2 = -\alpha$, on observe un décalage Y_2 défini comme suit :

$$Y_2 \approx -\left(1 - \frac{1}{n}\right)e\alpha_2 = \left(1 - \frac{1}{n}\right)e\alpha$$

[0020] Si ΔY représente le décalage latéral des images correspondant aux deux orientations de la lame, séparées d'un angle de rotation ϕ égal à 180° autour de son axe de rotation, dont il est rappelé qu'il n'est pas confondu avec l'une quelconque des normales à la lame, et qui par simplification est dans les figures décrites confondu avec l'axe OZ, on obtient :

$$\Delta Y = Y_2 - Y_1 = \left(1 - \frac{1}{n}\right)e.2\alpha$$

[0021] D'où il est possible d'extraire α :

$$\alpha = \frac{\Delta Y}{2\left(1 - \frac{1}{n}\right)e}$$

[0022] Ainsi, si l'on souhaite un décalage de l'ordre de $25 \mu\text{m}$, et considérant les données de la lame suivante :

- $e = 1 \text{ mm}$
- $n = 1,5187$

on aboutit à une valeur pour l'angle α de $0,0366$ radian, soit environ $2,1^\circ$.

[0023] Par LCD transparent, on entend un écran LCD laissant passer tout le spectre visible.

[0024] Dans le cadre de la réalisation de photos couleurs, on adjoint à l'installation une tourelle porte-filtres, afin de pouvoir disposer des trois couleurs primaires, rouge, vert et bleu, et procéder à une exposition de chacun des trois plans d'image rouge, vert et bleu d'une même trame de l'image couleur originale, la couleur finale étant obtenue selon le procédé bien connu de la syn-

thèse additive.

[0025] L'invention concerne ensuite un procédé et un dispositif pour transférer une image numérique en vue de son acquisition par une installation mettant en œuvre une caméra CCD, c'est à dire intégrant un circuit à transfert de charges.

[0026] Ce procédé consiste :

- à former l'image du sujet ou de l'objet à acquérir au moyen d'un objectif d'acquisition sur le capteur CCD de la caméra ;
- à opérer au moyen d'un organe optique unique au moins un décalage latéral dans le plan d'acquisition de l'image du sujet à acquérir formée sur le CCD ;
- et à réaliser une ou plusieurs acquisitions au niveau dudit circuit CCD de la caméra pour chacun de ces décalages.

[0027] Le dispositif correspondant comprend :

- un objectif d'acquisition, situé entre la caméra CCD et le sujet ou l'objet dont on souhaite acquérir l'image numérique ;
- une lame à faces parallèles, unique, d'épaisseur constante, transparente au spectre de la lumière mise en œuvre, et notamment du spectre visible, située sur le trajet optique entre la caméra CCD et l'objectif d'acquisition, ladite lame à faces parallèles étant susceptible d'être animée d'un mouvement de rotation discret, dont l'axe de rotation est parallèle ou non à l'axe optique, et étant inclinée d'un angle de valeur déterminée par rapport au plan perpendiculaire à son axe de rotation.

[0028] L'invention concerne enfin un dispositif de projection d'une image numérique, notamment sur un écran, en vue de sa restitution visuelle. Ce dispositif comprend :

- une source lumineuse,
- un moyen pour séparer le faisceau incident issu de la source lumineuse en trois faisceaux distincts, correspondants aux trois couleurs primaires rouge, vert et bleu, sur le trajet optique de chacun desquels sont positionnés un polariseur linéaire et un écran LCD transparent, alimenté chacun par la même image numérique du plan couleur correspondant, notamment par le biais d'une unité centrale,
- un organe de combinaison des signaux issus de chacun des trois LCD ;
- un objectif de projection situé entre l'organe de combinaison et l'écran destiné à recevoir l'image projetée ;
- une lame à faces parallèles transparente au spectre visible, située sur le trajet optique entre l'organe de combinaison et l'objectif de projection, ladite lame à faces parallèles étant inclinée d'un angle de valeur déterminé par rapport au plan latéral, perpen-

diculaire à l'axe optique de projection, ladite lame étant animée d'un mouvement de rotation continue, dont l'axe de rotation est parallèle ou non à l'axe optique, et non confondu avec l'une quelconque des normales de ladite lame..

[0029] La manière dont l'invention peut être réalisée et les avantages qui en découlent ressortiront mieux des exemples de réalisation qui suivent, donnés à titre indicatif et non limitatif à l'appui des figures annexées.

[0030] La figure 1 est comme déjà indiqué, une représentation schématique de la ligne d'exposition d'une tireuse traditionnelle.

[0031] La figure 2 est une représentation schématique d'un pixel de LCD.

[0032] La figure 3 illustre une représentation schématique de la transformation de l'image initiale à restituer, et notamment de la distribution de l'image originale numérique.

[0033] Les figures 4a et 4b illustrent le décalage dans l'espace d'un faisceau incident généré par une lame à faces parallèles.

[0034] La figure 5 est une représentation schématique de la ligne d'exposition d'une tireuse conforme à l'invention.

[0035] La figure 6 est une représentation de l'orientation de la lame à faces parallèles.

[0036] La figure 7 est une représentation schématique de la ligne d'exposition perfectionnée d'une tireuse selon l'invention.

[0037] La figure 8 illustre le principe de redimensionnement du pixel mis en œuvre dans l'installation de la figure 7.

[0038] La figure 9 est une représentation schématique de la ligne d'acquisition d'une caméra CCD selon le procédé mis en œuvre dans l'invention.

[0039] La figure 10 est une représentation schématique de la ligne d'exposition d'un projecteur mettant en œuvre le procédé de l'invention.

[0040] La figure 11 est une représentation schématique d'une réalisation du dispositif multiplicateur de pixels de la ligne d'exposition d'une tireuse conforme à l'invention.

[0041] La figure 12 est une représentation schématique d'une réalisation de la ligne optique d'exposition intégrant la lame à faces parallèles selon la figure 11.

[0042] La description qui suit est tout d'abord particulièrement orientée vers un dispositif intégré au niveau d'une installation pour effectuer le tirage d'épreuves photographiques.

[0043] Cependant, il est bien entendu que l'invention ne saurait se limiter à cette seule application, et que notamment, elle peut être mise en œuvre dans le cadre de l'acquisition d'images par le biais de caméras CCD, c'est à dire caméra à dispositif à transfert de charges et autres dispositifs de projection d'images.

[0044] On a déjà décrit en liaison avec la figure 1, la ligne d'exposition d'une tireuse traditionnelle. Selon une

caractéristique fondamentale de l'invention, le passe-vues (10) de cette tir us est remplacé par un ensemble constitué par un écran LCD (16), par exemple constitué par un panneau commercialisé par la société SONY sous la référence LCX017AL, comportant une matrice de 1024 x 768 pixels actifs, et au niveau duquel est susceptible d'être reproduite une image stockée sous forme numérique, précédé par un polariseur linéaire (17) nécessaire pour le fonctionnement dudit écran LCD, destiné à polariser la lumière issue du faisceau incident selon une direction déterminée. Bien entendu, on pourrait remplacer l'écran LCD précité par un autre écran LCD, par exemple du type SONY LCX028AL, comportant une matrice de 1280 x 1024 pixels actifs, mais qui nécessite pour son fonctionnement deux polariseurs.

[0045] En outre, selon une autre caractéristique fondamentale de l'invention, est intercalée sur l'axe optique (18) de cette installation, entre l'écran LCD (16) et l'objectif de projection et d'agrandissement (11), une lame à faces parallèles unique (15), d'épaisseur constante comprise entre 1 et 2 mm environ, centrée au niveau dudit axe optique.

[0046] Cette lame à faces parallèles (15) présente une inclinaison selon un angle α d'environ 1 à 2° par rapport au plan perpendiculaire à l'axe de rotation de la lame, c'est à dire un plan perpendiculaire à l'axe optique (18). Dans l'exemple décrit, cet axe de rotation est parallèle à l'axe optique OZ, mais cette caractéristique n'est pas obligatoire. En revanche, l'axe de rotation de la lame n'est en aucun cas confondu avec l'une quelconque des normales à ladite lame. De la sorte, lors de la rotation de la lame autour de son axe de rotation, l'angle α d'inclinaison s'oriente dans le sens de l'angle de rotation ϕ , tel que décrit en liaison avec les figures 4b et 6 par rapport au référentiel OZ. Cette rotation induit un décalage latéral (ou polaire) de l'image dans le plan (OX, OY), orienté dans le sens de rotation ϕ . Avec une rotation continue de la lame, les positions des images décalées latéralement tracent une trajectoire circulaire dans le plan perpendiculaire à l'axe optique. Avec des rotations discrètes, des images décalées correspondantes peuvent être obtenues en tant que de besoin.

[0047] Cette lame est par exemple réalisée en verre optique transparent, et est susceptible de tourner par rapport à l'axe optique (18), sous l'action d'un moteur électrique (19) (figure 11).

[0048] On a représenté à l'aide de la figure 3, une explication simplifiée du procédé mis en oeuvre. Au sein de cette figure, la référence (23) représente l'image numérique originale, obtenue et stockée selon une résolution de 2048 x 1536 pixels au sein d'une mémoire associée à une unité centrale de commande et de traitement (non représentée). Cette image est représentée centrée selon l'axe optique (18) de l'installation. Bien entendu, au sein de cette installation, l'image originale ne figure pas au lieu indiqué, mais est stockée dans une mémoire numérique. Elle n'a été représentée ici que pour la commodité du raisonnement.

[0049] Cette image originale subit, si nécessaire, au niveau d l'unité c ntrale, un redimensionnement en 2048 x 1536 pixels, c'est à dire exactement en quatre fois plus d pixels que le nombre de pixels disponibles au niveau de l'écran LCD (16). Par ailleurs, au sein de cette même unité centrale, cette image ainsi redimensionnée est divisée en quatre trames de 1024 x 768 pixels. Ont ainsi été matérialisés sur la figure 3, ces quatre trames (A_1, B_1, C_1, \dots), (A_2, B_2, C_2, \dots), (A_3, B_3, C_3, \dots), (A_4, B_4, C_4, \dots) sous la forme de carré petites dimensions référencés 1, 2, 3, 4.

[0050] Les pixels de l'écran LCD ont été référencés sur la figure 3 par les lettres A, B, C., etc.

[0051] Selon un mode de réalisation de l'invention, dans lequel on procède pour chaque image à restituer à quatre expositions, les quatre trames de l'image originale vont être affichées successivement sur l'écran LCD (16), en procédant, entre chaque exposition, à la rotation de la lame à faces parallèles (15) autour de son axe de rotation (18) d'un angle d'une valeur $\phi = 90^\circ$, de telle sorte à induire un décalage au niveau du plan d'exposition, de chacune des trames élémentaires en résultant.

[0052] Il va être ainsi détaillé ci-après les quatre phases d'exposition pour une image donnée.

Phase 1

[0053] La lame à faces parallèles (15) est orientée selon un angle ϕ de 45° .

[0054] On procède numériquement, à l'aide de l'unité centrale de traitement, à l'affichage sur le LCD, d'une première trame de pixels de l'image originale (23) référencés 1, c'est à dire A_1, B_1, C_1 , etc. On dispose donc d'une image sur le LCD comportant 1024 x 768 pixels.

[0055] Cette image est exposée par le faisceau incident sur le papier photosensible (12).

Phase 2

[0056] On oriente la lame (15) selon un angle ϕ de 135° .

[0057] On procède numériquement comme dans la phase précédente, à l'affichage sur le LCD, des seuls pixels de l'image originale (23) correspondant à une autre trame, soit les pixels référencés 2, c'est à dire A_2, B_2, C_2 , etc. On dispose donc d'une nouvelle image sur le LCD comportant également 1024 x 768 pixels.

[0058] On projette et expose cette image sur la même feuille de papier photosensible que pour la phase précédente.

[0059] Compte tenu de la rotation de 90° de la lame, on introduit, comme déjà précisé, un décalage de l'image dans le plan (OX, OY) du papier photosensible, et donc à la révélation sur celui-ci de 1024 x 768 pixels. On choisit les caractéristiques de la lame (15), et notamment le paramètre sur lequel on peut jouer le plus facilement, c'est à dire son angl d'inclinaison α , de telle

sorte que le décalage engendré soit sensiblement égal à la distance d'un demi-pixel du LCD. De fait, on détermine α selon la formule suivante :

$$\alpha = \frac{\Delta}{2 \left(1 - \frac{1}{n} \right) e}$$

où

$$\Delta = \frac{\text{largeur du pixel}}{\sqrt{2}}$$

Phase 3

[0060] On oriente la lame (15) selon un angle ϕ de 225°, et l'on recommence l'opération de projection et d'exposition sur la même feuille de papier photosensible, cette fois des seuls pixels de l'image originale (23) référencés 3, c'est à dire A_3 , B_3 , C_3 , etc.

Phase 4

[0061] On oriente la lame (15) selon un angle ϕ de 315°, et l'on recommence l'opération de projection et d'exposition sur la même feuille de papier photosensible, cette fois des seuls pixels de l'image originale (23) référencés 4, c'est à dire A_4 , B_4 , C_4 , etc.

[0062] De la sorte, on conçoit que pour chaque pixel du LCD va correspondre quatre expositions différentes. On va donc par ce biais multiplier par quatre le nombre de pixels au niveau de l'impression, optimisant de la sorte la résolution ou définition définitive, puisque on va retrouver au niveau de l'image restituée quasiment le nombre de pixels que comporte l'image originale.

[0063] Bien entendu, entre chaque exposition du même pixel, on obture le faisceau incident au moyen de l'obturateur (3). En outre, dans le cadre de la réalisation d'épreuves couleur, on procède pour chacun des trois plans d'images rouge, vert et bleu de chaque trame de l'image originale à une exposition correspondant à chacune des trois couleurs rouge, vert et bleu.

[0064] Par ailleurs, la superposition des quatre trames d'images décalées d'un demi pixel va permettre de masquer les lignes verticales et horizontales blanches habituellement observées par la mise en oeuvre d'un LCD. En effet, ainsi que déjà dit, et comme on peut le voir sur la figure 2, chaque pixel d'un LCD dispose d'une zone optiquement active (13) et d'une zone optiquement inactive (14). En multipliant par 4 l'exposition de chacun des pixels LCD, on va aboutir à une élimination complète de la restitution des traits blancs sur la photo définitive, mais en revanche, à une légère surexposition sur des zones de pixels d'image, pouvant se matérialiser par des traits sombres ou gris sur des photos. Cepen-

dant, ces surexpositions sont invisibles à l'oeil nu pour de petits formats (par exemple 10 x 15).

[0065] Dans une variante de l'invention, l'image originale (23) est divisée en deux trames seulement de pixels. Dans cette hypothèse, la méthode décrite ci-dessus demeure rigoureusement la même, mais on ne procède plus cette fois qu'à deux expositions, en effectuant entre les deux expositions une seule rotation de la lame (15). Les valeurs de ϕ sont alors déterminées selon le recouvrement du pixel optimal. La résolution du LCD est dans ce cas multipliée sensiblement par 2.

[0066] Dans une autre variante simplifiée de l'invention, l'image originale n'est pas divisée en trames. Elle est donc affichée après redimensionnement telle quelle sur l'écran LCD (16). Pour chacune des expositions de l'écran LCD, on fait subir à la lame à faces parallèles (15) une rotation continue suffisante autour de son axe de rotation (18). Pendant cette ou ces rotations, l'obturateur (3) demeure ouvert.

[0067] Dans une version évoluée de l'invention, représentée en liaison avec les figures 7 et 8, on cherche surtout à optimiser la résolution, tout en s'affranchissant définitivement des traits verticaux ou horizontaux au niveau de la restitution finale, inhérents comme déjà précisé à la technologie de l'écran LCD.

[0068] Cette forme de réalisation n'est donc applicable qu'en liaison avec la multiplication des pixels du LCD, donc dans le cadre de la division de l'image initiale en quatre trames.

[0069] Comme on peut le voir sur la figure 7, l'image affichée sur le LCD (16) est projetée par un objectif (26) sur un masque de pixels (24), destiné à redimensionner l'image de la zone active (13) du pixel LCD, notamment selon une forme carrée. Cette image redimensionnée traverse une lentille de champ (25), destinée à faire converger le faisceau au niveau de l'objectif de projection (11). Entre la lentille (25) et ledit objectif, est intercalée la lame à faces parallèles (15) décrite précédemment.

[0070] Avec quatre expositions correspondant respectivement aux quatre trames de pixels de l'image originale, on aboutit au niveau de l'image restituée à la superposition de quatre pixels représentatifs limitativement de la zone active du pixel LCD. On annule de la sorte les effets inhérents à la surexposition, tels que décrits précédemment.

[0071] La grille (24) est par exemple constituée par une plaque de verre recevant une émulsion répartie de telle sorte à ne laisser passer que 25% en surface du pixel LCD.

[0072] On a représenté sur la figure 8, l'image (27) dudit pixel après passage par l'objectif (26). On observe en (28) les 25% qui ont pu traverser le système. (29) représente la frontière entre la zone active et la zone inactive du pixel LCD.

[0073] On peut de la sorte affiner la restitution finale de l'image originale, et surtout réaliser des agrandissements supérieurs au format 13 x 18, et typiquement atteindre le format A4 ou 24 x 30 cm avec une résolution

d'au moins 210 dpi en utilisant un écran LCD de résolution de 1280 x 1024 pixels.

[0074] On a représenté en liaison avec les figures 11 et 12 une réalisation de certains des éléments constitutifs de la ligne d'exposition de la tireuse conforme à l'invention. Dans cet exemple, afin d'aboutir à des gains de place, la source lumineuse (1) est orientée à 90 ° par rapport à l'axe optique (18), mais un miroir à 45° (22) permet de réorienter le faisceau incident.

[0075] On a représenté sur la figure 12 le moteur électrique (19) assurant la rotation de la lame (15), par le biais d'une courroie crantée (20) venant engrener dans une couronne (21) conformée en conséquence, au niveau dudit module.

[0076] Le même principe général de l'invention peut également être mis en oeuvre dans le cadre de l'acquisition de signaux optiques lors de la mise en oeuvre de caméra CCD. On a représenté essentiellement en liaison avec la figure 9, la ligne optique d'acquisition de ces signaux. L'objet (30) à acquérir est situé sur le trajet optique d'une caméra CCD (32). Entre les deux, sont successivement positionnés un objectif de projection (31) et la lame à faces parallèles (15) conforme à l'invention. Les signaux optiques subissent un décalage au niveau du CCD, de sorte qu'on peut multiplier la résolution ou définition de celui-ci selon le même principe que celui décrit précédemment.

[0077] Enfin, l'invention concerne également un projecteur d'images mettant en oeuvre le procédé de l'invention. On a décrit en liaison avec la figure 10, la ligne d'exposition d'un tel dispositif. Celui-ci comporte une source lumineuse (33), scindée en trois composantes, rouge, vert et bleu au moyen de dispositifs appropriés. Chacune de ces trois composantes traverse un ensemble (35, 36, 37) constitué par un polariseur linéaire et un LCD, au niveau duquel sont affichées des images numériques, la même au niveau des trois LCD, les faisceaux émergents de ces ensembles étant recombinaisonnés au niveau d'un organe (38) connu pour cette application. Le faisceau résultant traverse une lame à faces parallèles (15) du type de celle précédemment décrite, tournant en continu à vitesse élevée, typiquement 24 tours par seconde, avant de traverser un objectif de projection (39), pour atteindre le plan de visualisation (40). On aboutit une nouvelle fois à une optimisation de la restitution des images numériques ainsi projetées.

[0078] Afin de diminuer la sensibilité de l'angle de vision sur le contraste de l'image affichée sur l'écran LCD, on utilise un système optique télécentrique en soi connu.

[0079] Par ailleurs, si dans les exemples décrits, il a été montré la mise en oeuvre du procédé et du dispositif conformes à l'invention induisant un décalage de l'image d'un demi pixel, ce décalage peut être un multiple impair du demi pixel, et notamment, 3/2 pixels, 5/2 pixels, etc. . Le recours à un décalage plus important peut aboutir à une meilleure homogénéité au niveau du tirage restitué.

[0080] On conçoit tout l'intérêt de l'invention, dans le cadre de l'optimisation de la qualité de restitution ou d'acquisition de photographies en mode numérique, d'autant que la technologie mise en oeuvre fait appel à des composants faciles à manipuler, peu onéreux, et fonctionnant en outre en basse tension.

Revendications

1. Procédé pour restituer visuellement une image numérique affichée sur un écran à cristaux liquides LCD transparent, **caractérisé** en ce qu'il consiste :

- à former l'image affichée sur le LCD sur le support de restitution visuelle, et notamment sur un papier photosensible au moyen d'un objectif de projection ;
- à opérer au moyen d'un organe optique unique au moins un décalage latéral dans le plan de projection de chacun des pixels de l'image affichée sur le LCD,
- et à réaliser une ou plusieurs expositions au niveau dudit support de restitution visuelle pour chacun de ces décalages.

2. Procédé pour acquérir sur le circuit à transfert de charges (CCD) d'une caméra une image numérique, **caractérisé** en ce qu'il consiste :

- à former l'image d'un sujet sur le CCD au moyen d'un objectif d'acquisition ;
- à opérer au moyen d'un organe optique unique au moins un décalage latéral dans le plan d'acquisition de l'image formée sur le CCD,
- et à réaliser une ou plusieurs acquisitions au niveau dudit CCD pour chacun de ces décalages.

3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé** en ce que l'on effectue une seule exposition de l'image affichée sur le LCD, et en ce que chacun des pixels de ladite image subit un décalage continu selon une trajectoire circulaire dans le plan d'exposition, ledit décalage de chacun des pixels étant centré par rapport au pixel considéré.

4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé** en ce que :

- on effectue un redimensionnement de l'image numérique à restituer ;
- on divise ladite image en deux trames affichables sur le LCD ;
- et on procède pour chaque trame de l'image affichée sur le LCD, à une exposition, en effectuant entre les deux expositions un décalage discret de l'ensemble des pixels de l'image af-

fichée sur le LCD selon les directions d'orientation OX et OY desdits pixels symétriquement par rapport au centre de chacun des pixels.

5. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé** en ce que :
 - on effectue un redimensionnement de l'image numérique à restituer;
 - on divise ladite image en quatre trames affichables sur le LCD ;
 - et on procède pour chaque trame de l'image affichée sur le LCD, à une exposition, en effectuant entre chacune des quatre expositions un décalage discret de l'ensemble des pixels de l'image affichée sur le LCD selon les directions d'orientation OX et OY desdits pixels, symétriquement par rapport aux axes OX et OY des pixels.
6. Procédé selon l'une des revendications 4 et 5, **caractérisé** en ce que chacune des trames subit trois plans d'images, selon les trois couleurs rouge, vert et bleu, les images résultantes étant alors en couleur selon le procédé de synthèse additive.
7. Dispositif pour restituer visuellement une ou plusieurs images numériques affichées sur un écran LCD transparent (16), **caractérisé** en ce qu'il comprend :
 - une source lumineuse (1), sur le trajet optique de laquelle est positionné ledit écran LCD (16) au niveau duquel sont affichées des images numériques, notamment par une unité centrale,
 - un obturateur (3), destiné à obturer sur demande le faisceau de lumière ;
 - un objectif de projection (11), situé entre l'écran LCD (16) et le papier à exposer (12) ;
 - un polariseur linéaire (17) situé entre la source lumineuse (1) et l'écran LCD;
 - une lame à faces parallèles (15) unique, d'épaisseur constante, transparente au spectre de lumière mise en oeuvre, située sur le trajet optique OZ de la source entre l'écran LCD (16) et l'objectif de projection (11), ladite lame à faces parallèles étant susceptible d'être animée d'un mouvement de rotation discret ou continu, dont l'axe de rotation est parallèle ou non à l'axe optique, ladite lame (15) étant incliné d'un angle α fixe par rapport au plan perpendiculaire à son axe de rotation.
8. Dispositif selon la revendication 7, **caractérisé** en ce qu'il comporte en outre une tourelle (5) motorisée (6) portant des filtres, respectivement rouge, vert et bleu, en vue de la réalisation de photos couleur.

9. Dispositif selon l'une des revendications 7 et 8, **caractérisé** en ce que la rotation de la lame à faces parallèles (12) s'effectue au moyen d'un moteur électrique.

10. Dispositif pour restituer visuellement une ou plusieurs images numériques affichées sur un écran LCD transparent (16), **caractérisé** en ce qu'il comprend :

- une source lumineuse (1), sur le trajet optique de laquelle est positionné ledit écran LCD transparent (16) au niveau duquel sont affichées des images numériques, notamment par une unité centrale,
- un obturateur (3), destiné à obturer sur demande le faisceau de lumière ;
- un objectif de projection (11), situé entre l'écran LCD et le papier à exposer;
- un polariseur linéaire (17) situé entre la source (1) et l'écran LCD ;
- un masque (24) situé en aval de l'écran LCD (16), destiné à ne sélectionner que partie de la zone active (13) de chacun des pixels LCD ;
- un objectif de projection (26), destiné à afficher sur le masque (24) l'image affichée sur le LCD ;
- une lentille de champ (25), destinée à faire converger le faisceau lumineux issu du masque (24) au niveau de l'objectif de projection (11) ;
- une lame à faces parallèles (15) unique, d'épaisseur constante, transparente au spectre de lumière mise en oeuvre, située sur le trajet optique OZ de la source entre la lentille de champ (25) et l'objectif de projection (11), ladite lame à faces parallèles étant susceptible d'être animée d'un mouvement de rotation discret ou continu, dont l'axe de rotation est parallèle ou non à l'axe optique, ladite lame (15) étant incliné d'un angle α fixe par rapport au plan perpendiculaire à son axe de rotation.

11. Dispositif pour acquérir sur le circuit à transfert de charges (CCD) d'une caméra une image numérique, **caractérisé** en ce qu'il comprend :

- un objectif d'acquisition (31), situé entre la caméra CCD (32) et le sujet ou l'objet (30) dont on souhaite acquérir l'image numérique ;
- une lame à faces parallèles (15), unique, d'épaisseur constante, transparente au spectre de lumière mise en oeuvre, située sur le trajet optique entre la caméra CCD et l'objectif d'acquisition, ladite lame à faces parallèles étant susceptible d'être animée d'un mouvement de rotation discret, dont l'axe de rotation est parallèle ou non à l'axe optique, ladite lame étant incliné d'un angle α fixe par rapport au plan perpendiculaire à son axe de rotation.

12. Dispositif de projection d'une image numérique, notamment sur un écran, en vue de sa restitution visuelle, **caractérisé** en ce qu'il comprend :

- une source lumineuse (33) , 5
- un organe pour séparer le faisceau incident issu de la source lumineuse en trois faisceaux distincts, correspondants aux trois couleurs primaires rouge, vert et bleu, sur le trajet optique de chacun desquels sont positionnés un polariseur linéaire et un écran LCD transparent monochrome, chacun des trois LCD affichant simultanément la même image numérique, notamment par le biais d'une unité centrale, 10
- un organe de combinaison (38) des signaux issus de chacun des trois LCD; 15
- un objectif de projection (39), situé entre l'organe de combinaison et l'écran (40) destiné à recevoir l'image projetée ;
- une lame à faces parallèles (15), unique, d'épaisseur constante, transparente au spectre de lumière mise en oeuvre, située sur le trajet optique entre l'organe de combinaison et l'objectif de projection, ladite lame à faces parallèles étant animée d'un mouvement de rotation continu, dont l'axe de rotation est parallèle ou non à l'axe optique, ladite lame (15) étant inclinée d'un angle fixe par rapport au plan perpendiculaire à son axe de rotation. 20 25 30

35

40

45

50

55

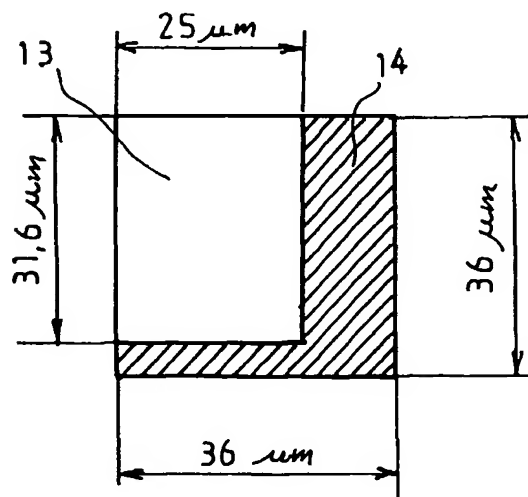
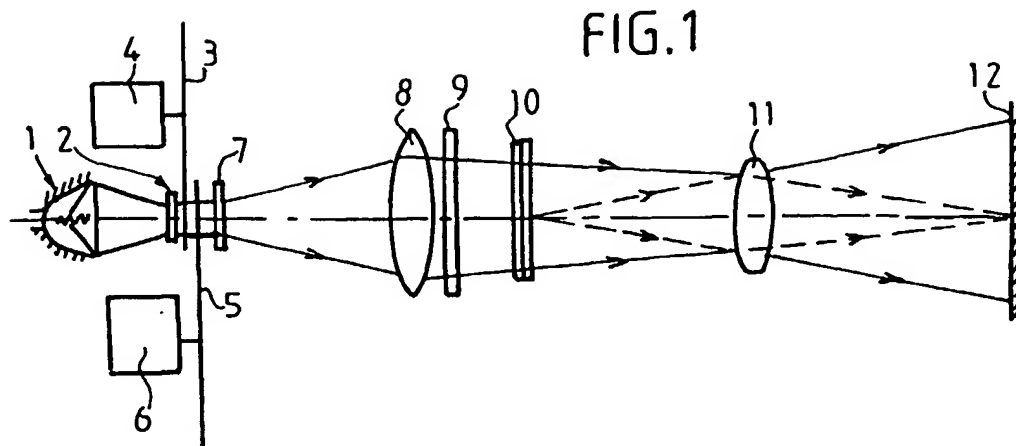
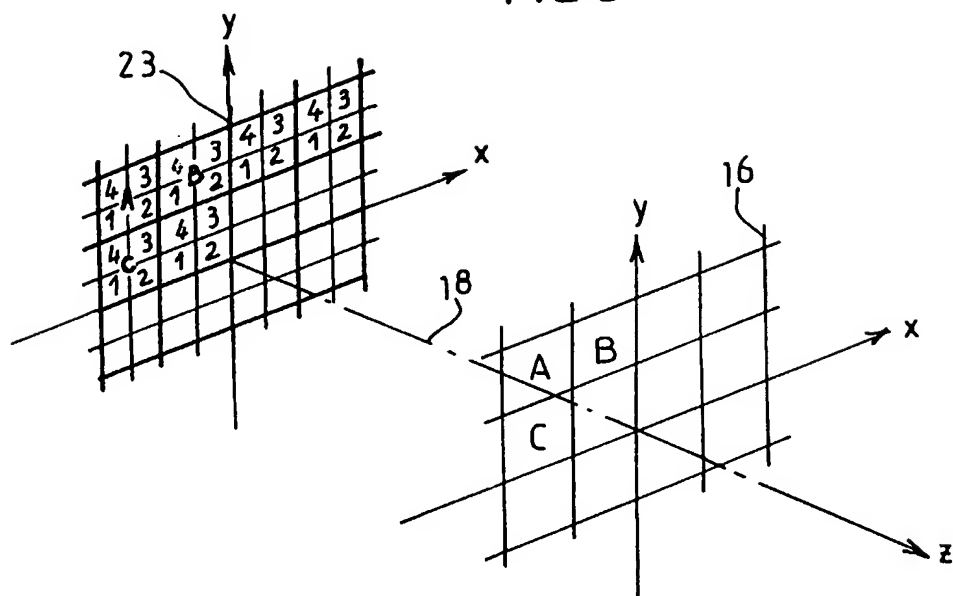


FIG.3



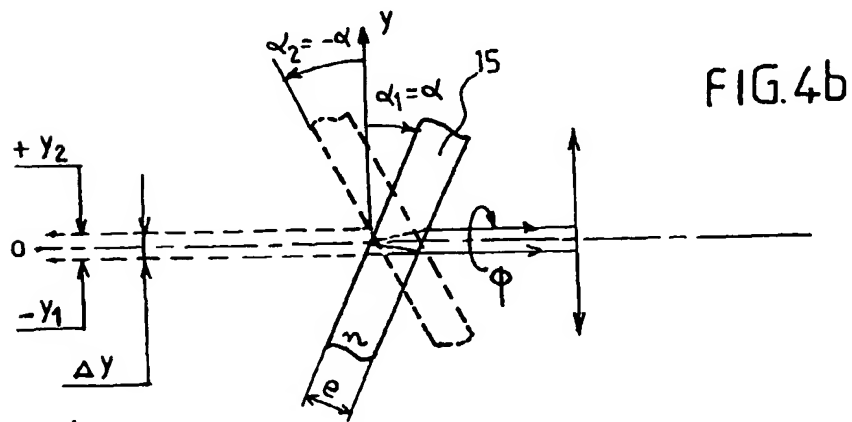
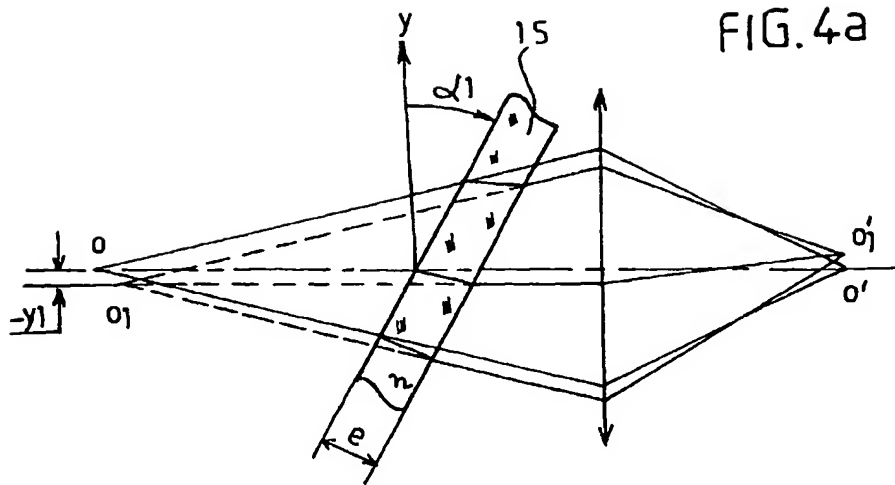


FIG. 5

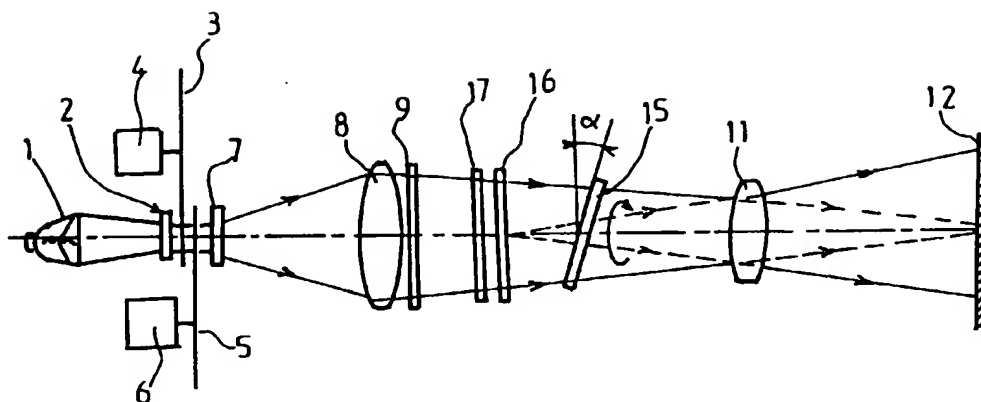


FIG. 6

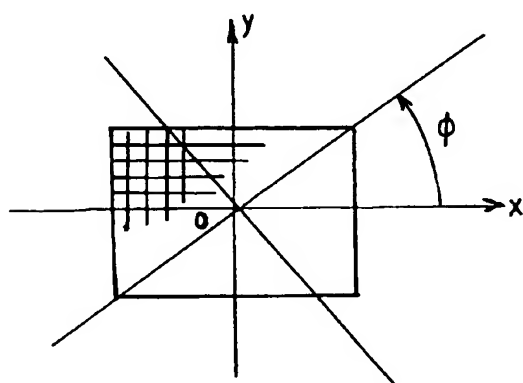


FIG.7

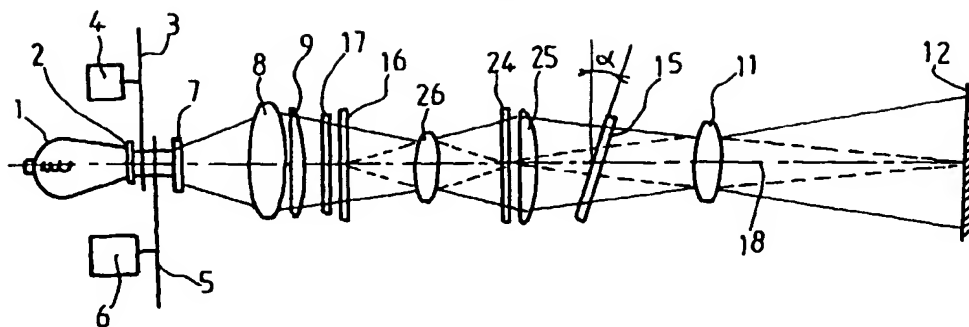


FIG.8

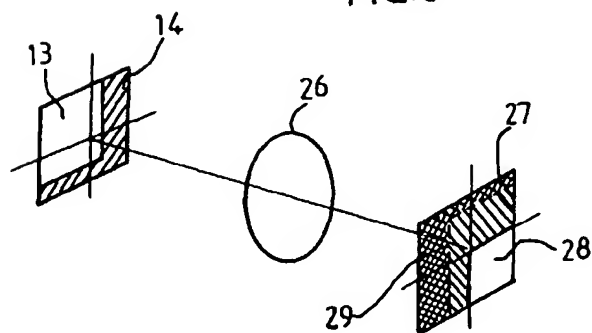


FIG.9

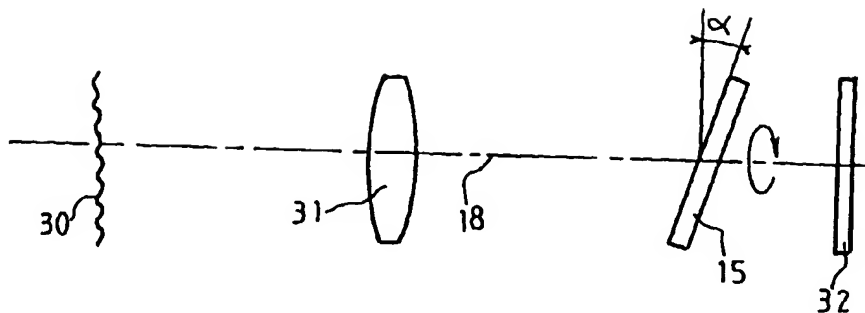


FIG.10

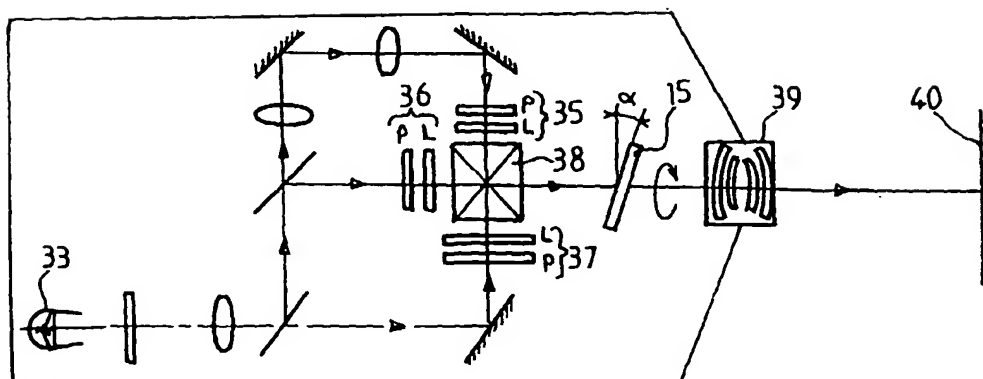
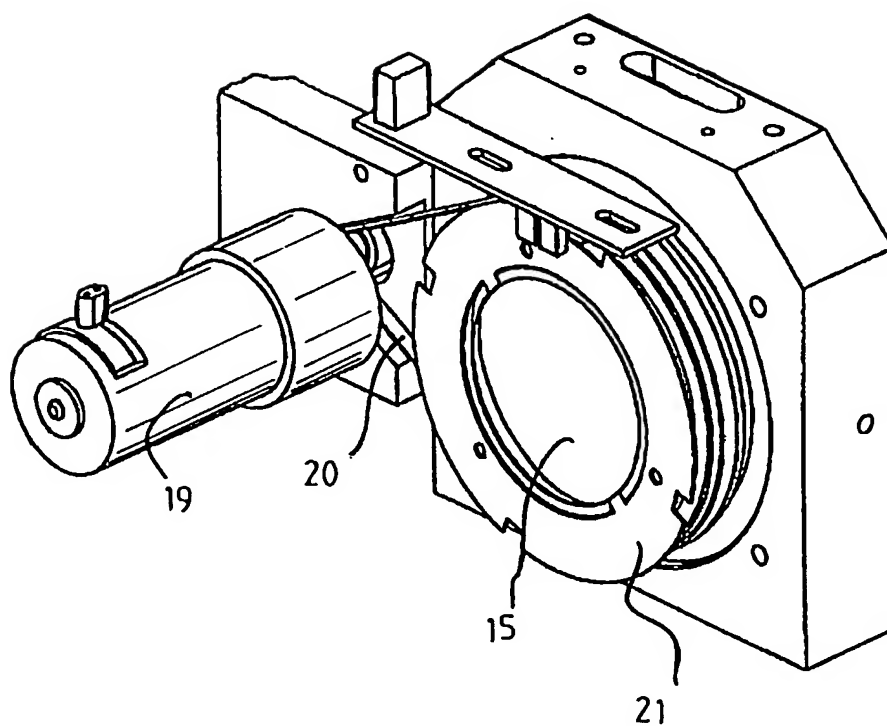
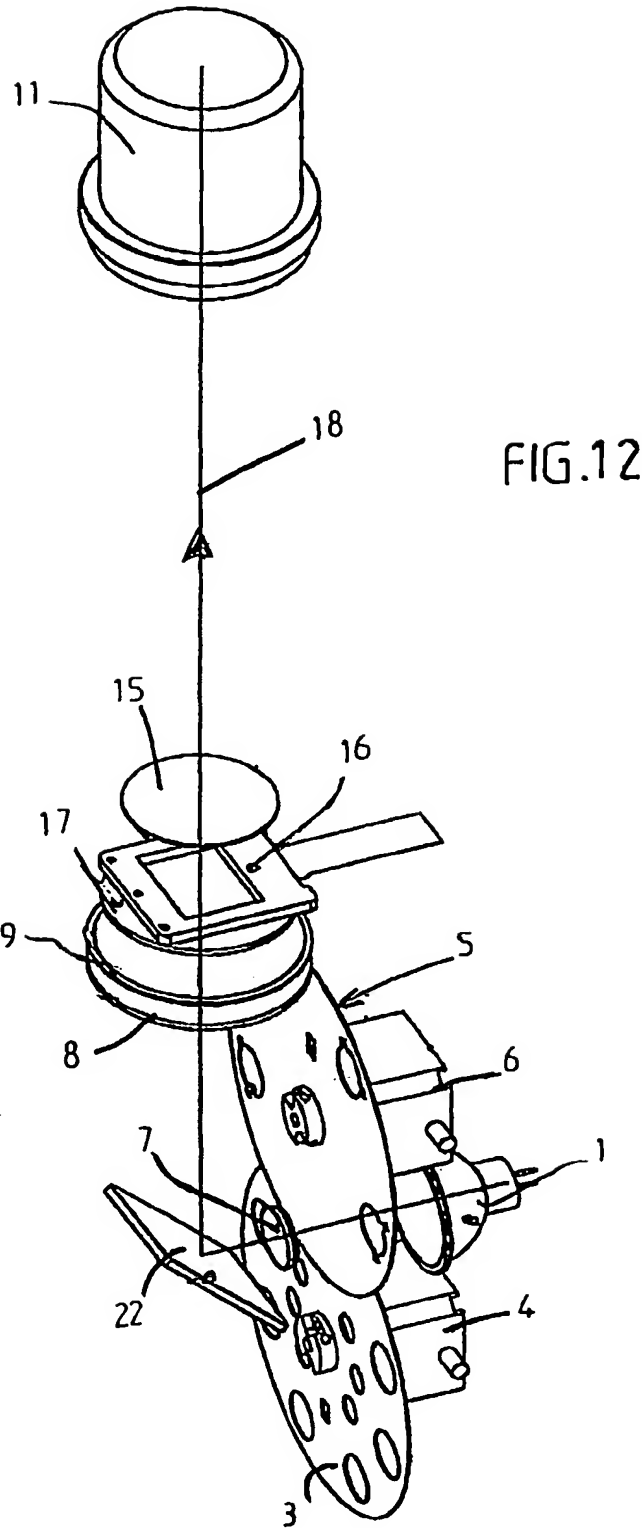


FIG.11







Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 42 0189

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.7)
Y	GB 2 299 476 A (INTEGREX LTD) 2 octobre 1996 (1996-10-02) * abrégé *	1,2,7-12	H04N1/195
A	* page 1 - page 6, alinéa 2 *	3,6	

Y	DE 91 09 236 U (KODAK AG) 19 septembre 1991 (1991-09-19) * page 3 *	1,2	

Y	WO 86 05642 A (EASTMAN KODAK CO) 25 septembre 1986 (1986-09-25)	7-12	
A	* page 4, ligne 25 - page 10, ligne 8 *	4-6	
	* figures 1,2,5 *		

A	KOLLARITS R V ET AL: "NEAR-CONTINUOUS-TONE ELECTRONIC COLOR PRINTING ON LOW-SENSITIVITY PHOTOGRAPHIC MATERIALS" OPTICAL ENGINEERING, vol. 30, no. 9, 1 septembre 1991 (1991-09-01), pages 1281-1293, XP000230035 * page 1282, colonne 2, alinéa 4 - page 1285, colonne 2, alinéa 2 *	7-12	
	* figure 1 *		

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
LA HAYE		22 décembre 1999	Hubeau, R
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons</p> <p>& : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 02/92 (P04002)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 99 42 0189

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

22-12-1999

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
GB 2299476 A	02-10-1996	AUCUN	
DE 9109236 U	19-09-1991	AUCUN	
WO 8605642 A	25-09-1986	EP 0213188 A	11-03-1987

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82